



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 245 250**

⑫ Número de solicitud: 200401438

⑬ Int. Cl.:
A01B 79/00 (2006.01)
G06T 5/00 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **11.06.2004**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.2005**

Fecha de la concesión: **26.01.2007**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
16.03.2006

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **16.02.2007**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.02.2007

⑲ Titular/es:
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas
c/ Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

⑳ Inventor/es: **López Granados, Francisca;
García Torres, Luis;
Peña Barragán, José Manuel y
Jurado Expósito, Montserrat**

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Procedimiento para la discriminación de usos de suelo y la cuantificación de cubierta vegetal mediante teledetección con fotografía aérea.**

㉓ Resumen:

Procedimiento para la discriminación de usos de suelo y la cuantificación de cubierta vegetal mediante teledetección con fotografía aérea. El presente procedimiento tiene aplicación en Agricultura, y más concretamente en Empresas de Asistencia Técnica Agraria o Medioambiental o bien en Auditorías Agroambientales Públicas o Privadas. Principalmente consiste en utilizar técnicas de teledetección para realizar un seguimiento preciso y a gran escala de los productores agrícolas que utilicen técnicas de conservación en cultivos leñosos. Éstas consisten en el mantenimiento de cubiertas vegetales entre las hileras de árboles para reducir la erosión del suelo, uno de los problemas agroambientales más importantes de la Cuenca Mediterránea.

El procedimiento objeto de la patente facilitaría una herramienta de alta precisión que tendría tres objetivos: 1) determinar la existencia o no de cubiertas vegetales, 2) estimar el porcentaje de cobertura que éstas ocupan en las fincas agrícolas, y 3) determinar el derecho o no a la percepción de ayudas/subvenciones estipuladas según los reglamentos de varias administraciones públicas y destinadas a favorecer la implantación de las técnicas de conservación.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la discriminación de usos de suelo y la cuantificación de cubierta vegetal mediante teledetección con fotografía aérea.

Sector de la técnica

Primer sector: Agricultura. Segundo sector: Empresas de Asistencia Técnica agraria o Medioambiental, o bien Auditorías Agroambientales Públicas (Administraciones Públicas) o Privadas. El segundo sector se refiere al seguimiento de los productores agrícolas que utilicen tecnologías de conservación en olivar u otros cultivos leñosos consistentes en el mantenimiento de cubiertas vegetales entre hileras de árboles con objeto de alcanzar beneficios medioambientales como reducción de la erosión del suelo, aumento de la lluvia infiltrada o disminución de la evapotranspiración del suelo. La técnica de teledetección objeto de esta patente permitirá que determinadas empresas, como por ejemplo las auditorías agroambientales de las Administraciones Públicas o de entidades privadas, discriminen la existencia o no de cubiertas vegetales en cultivos leñosos así como la extensión relativa o porcentaje de cobertura, lo que puede ser necesario para obtener el derecho de recepción de ayudas/subvenciones.

Estado de la técnica

- Teledetección: breves fundamentos

La teledetección es una tecnología que consiste en captar información de los objetos o accidentes que ocurren en la superficie terrestre o en la atmósfera sin entrar en contacto físico con ellos. Comprende la medida y el registro de la energía electromagnética reflejada o emitida por éstos, y conlleva la interpretación y relación de esta información con la naturaleza y propiedades de éstos. La captura de la energía reflejada se lleva a cabo mediante sensores remotos instalados en plataformas aerospaciales (satélites y aviones) que registran la energía reflejada correspondiente a diversas frecuencias del espectro electromagnético que van desde las ondas de radio de baja frecuencia pasando por el espectro visible (bandas azul, verde y roja) hasta los rayos X, gamma e incluso cósmicos. Cada cuerpo o cubierta terrestre presenta una forma peculiar de reflejar o emitir energía que se conoce como *signatura o firma espectral* (Chuvieco, 2002).

- Teledetección: Clasificación de usos de suelo

En las investigaciones de teledetección es esencial conocer el comportamiento o signatura espectral de cada una de las diversas superficies o usos de suelo a las diferentes longitudes de onda. La energía reflejada a las longitudes de onda roja e infrarroja es sensible a las variaciones del cultivo y suelo (Cloutis *et al.*, 1996). Cultivos densos y sanos se caracterizan por una elevada absorción de energía roja y una alta reflectancia de la radiación infrarroja. Con frecuencia es conveniente combinar estas medidas (y otras en otras bandas) en un solo índice que resalte la sensibilidad a las variaciones en el cultivo. Dichos índices son conocidos como *índices de vegetación*. Hay un gran número de ellos, tantos como operaciones matemáticas queramos definir. Sus ventajas son: 1) aumentar las diferencias relativas entre los valores digitales que caracterizan cada uso del suelo, 2) reducir el número de datos obtenidos a un solo valor característico, 3) obtener valores adimensionales que permiten su comparación espacial y temporal y, 4) en ocasiones, eliminar efectos indeseados de iluminación, orografía, etc. (Jackson and Huete, 1991). Uno de los más conocidos es el NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*). Una actividad fotosintética alta, es decir una vegetación sana y vigorosa, implica un alto valor de NDVI debido a una alta reflectividad en la banda del infrarrojo cercano y una alta absorción de energía en la banda roja. Por tanto, NDVI, calculado con medidas en tierra (Kanemasu 1990), imágenes de satélite (Anderson *et al.*, 1993) o fotografías aéreas (Denison *et al.*, 1996) presenta una alta correlación con la producción final del cultivo.

Los trabajos sobre clasificación de los usos del suelo mediante imágenes satélite de resolución espacial media/baja o fotografías aéreas utilizando índices de vegetación se pueden considerar como clásicos en teledetección y se han llevado a cabo en áreas muy diversas: costeras, parques naturales, masas forestales, zonas agrícolas, entre otras muchas. Citando los trabajos más recientes, se han realizado estudios con objeto de detectar de forma sistemática las anomalías en el desarrollo de los cultivos de regadío en Aragón (López-Lozano y Casterad, 2003), con el fin de monitorizar el crecimiento de cultivos con datos biofísicos como altura de la planta, LAI y biomasa (Calera *et al.*, 2001; 2002), o con el objetivo de estimar el efecto a largo plazo de los cambios en los usos de suelo sobre la evapotranspiración de los cultivos utilizando imágenes Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+ de 1982 a 2000 (Lanjeri *et al.*, 2001; 2002) en la zona de Castilla-La Mancha. También se están obteniendo resultados en la teledetección de malas hierbas en cultivos con sensores aerotransportados multiespectrales (Goel *et al.*, 2002).

- Técnicas de conservación: el caso del olivar

El cultivo del olivo es de suma importancia en la mayoría de países de la zona mediterránea (12.4 millones de ha. de los que 2.4 están en España; C ivantos, 2 001), pero está provocando cuantiosas pérdidas de suelo cultivable cada año. Para que este cultivo se mantenga en el futuro es necesario reducir las enormes tasas de erosión (una media de 40 a 80 ton/ha-año; Laguna, 1989; Pastor-Muñoz y Castro-Rodríguez, 1997). Para ello, se han desarrollado las técnicas de agricultura de conservación (también denominadas técnicas conservacionistas) que promueven el cultivo de cubiertas vegetales (principalmente gramíneas) entre las hileras y sobre el suelo desnudo del cultivo leñoso (frutales o cítricos

y olivar) con objeto de frenar el impacto de las gotas de lluvia sobre el terreno y el arrastre de sedimentos (García-Torres, 2000).

Desde 1999, la Unión Europea ha desarrollado una serie de disposiciones para promover la conservación del suelo agrícola y reducir su erosión (Reglamentos Europeos 1257/1999, 1259/1999 y, recientemente el 1782/2003), y que han sido incorporadas a la Normativa Española por el Real Decreto 4, 2001. Previas a esta normativa, el Gobierno Andalúz desarrolló de forma pionera, una serie de Órdenes encaminadas a financiar ayudas a aquellos agricultores que apliquen estas técnicas conservacionistas, exigiendo que el mínimo porcentaje de cubierta vegetal en la finca de olivar sea del 40% (BOJA, 1998; BOJA, 2003).

Determinar este porcentaje de cobertura directamente en campo ("*in situ*") resulta prácticamente inviable desde un punto de vista técnico y económico. Sin embargo, las técnicas de teledetección son muy adecuadas por los siguientes motivos: 1) el sensor utilizado (satélite o fotografía aérea) registra lo que hay en campo (objetividad), 2) el procedimiento de análisis de la imagen obtenida es rápido una vez se ha puesto el método a punto, 3) permiten trabajar de forma secuencial, 4) evitan los muestreos en campo (eluden problemas meteorológicos), y 5) posibilitan la planificación de la toma de imágenes en el momento oportuno y el retraso de su análisis el tiempo necesario, en caso de que fuese necesario, sin perder por ello información.

- Uso de Cubiertas vegetales: breves fundamentos

Las cubiertas vegetales pueden ser de diferente composición, si bien principalmente están constituidas por especies de gramíneas u hoja ancha, bien de una sola especie o mezcla de varias. Entre las más utilizadas están la cebada: (*Hordeum spp*), distintas especies de Avena, vallico (*Lolium rigidum*), crucíferas (*Sinapis spp*), o leguminosas (*Veza spp*). Su objetivo es interceptar las gotas de agua de lluvia y aumentar la velocidad de infiltración del terreno (reduciendo la escorrentía). Asimismo, su presencia conlleva la inexistencia de labores en campo evitando así la evapotranspiración del agua del suelo. Las cubiertas se siembran a primeros de otoño entre las calles del cultivo, germinan con las primeras lluvias y se establecen durante la primavera (Figuras 1a y 1b). Posteriormente (la segunda quincena de marzo), con objeto de interrumpir su ciclo vegetativo y evitar competencia del olivo (u otro árbol frutal) por agua y nutrientes, se siegan mecánicamente (con desbrozadoras) o químicamente (con herbicidas de traslocación o acción total: sulfosato o glifosato; Figuras 1c y 1d).

La técnica que se describe a continuación está basada en el análisis de imagen de fotografías aéreas que permiten: 1) discriminar las cubiertas vegetales, el suelo desnudo y los árboles del cultivo leñoso, y 2) cuantificar el porcentaje de superficie que éstos ocupan en una determinada finca.

Descripción de la invención

- Breve descripción de la invención

El objeto de invención de la presente patente es un procedimiento para la discriminación de usos de suelo y la cuantificación de cubierta vegetal mediante teledetección, que comprende las siguientes etapas:

- a) toma de fotografía aérea color, posterior digitalización y análisis de imagen
- b) georreferenciación mediante GPS diferencial para asignar las coordenadas a las fotografías aéreas
- c) separación de bandas del espectro visible (azul: A, verde: V y rojo: R) a partir de los valores digitales asignados a cada píxel
- d) cálculo de índices de vegetación basados en las tres bandas separadas en el punto c)
- e) definición, mediante un proceso iterativo, de los niveles digitales frontera que caracterizan cada uso de suelo
- f) clasificación de la imagen por separación de clases, basada en los niveles digitales frontera definidos en el punto e)
- g) posterior selección de los índices de vegetación calculados en d) que proporcionan mayor precisión en la clasificación (porcentaje de píxeles correctamente clasificados), obtenida a partir de las matrices de confusión
- h) verificación de la exactitud de la clasificación mediante un mapa-verdad-terreno
- i) determinación de la superficie total y el porcentaje de cada uno de los usos del suelo.

Los índices de vegetación utilizados son A/R , $A/(V+R)$ y $A/(A+V+R)$ y los intervalos de los niveles digitales frontera definidos oscilan entre 0.60-0.90, 0.30-0.46 y 0.20-0.30 para cada índice, respectivamente. Las fotografías aéreas se toman en verano.

Otro objeto de la presente invención es la utilización de este procedimiento para discriminar distintos usos de suelo (cubiertas vegetales, suelo desnudo y árboles del cultivo leñoso) y cuantificar el porcentaje de superficie ocupada por cada uno de ellos. Este procedimiento puede utilizarse en cultivos de árboles leñosos, preferentemente en olivar y cítricos.

- Breve descripción del contenido de las figuras

Figura 1. Distintos estados fenológicos de las cubiertas vegetales de gramíneas en olivar: a) y b) cubiertas vegetales, entre los olivos, en pleno desarrollo y antes de su siega química (foto tomada en marzo); c) y d) cubiertas vegetales secas (foto tomada en verano).

Figura 2. Imagen del índice de vegetación ($A/(A+V+R)$) en la que el color negro (en líneas) discrimina la cubierta vegetal, el gris oscuro los árboles y en blanco el suelo desnudo.

Figura 3. Subparcelas de verificación de 50 x 50 m de las 3 fincas: a) mapas-verdad-terreno; b) vectorización de los distintos usos del suelo; c) rasterización de los distintos usos de suelo. En negro se representan los árboles, en gris oscuro (en líneas) la cubierta vegetal y en blanco el suelo desnudo

- Descripción detallada de la invención

La técnica de teledetección objeto de la patente se ha aplicado en varias fincas de olivar de unas 40 ha. de la provincia de Córdoba (La Cubana, Cortijo del Rey y Matallana) en las que las técnicas conservacionistas con siembra de cubiertas vegetales están implantadas desde hace 8-10 años. Se utilizaron fotografías aéreas color en verano en las que la cubierta se encontraba totalmente desecada. Los usos de suelo que se han discriminado son: suelo desnudo, cubierta vegetal y olivo. También se han estudiado en todo este proceso fotografías aéreas infrarrojo color en primavera y verano, pero no se han obtenido resultados concluyentes. El siguiente esquema presenta los pasos a seguir para desarrollar la metodología objeto de esta patente.

(Esquema pasa a página siguiente)

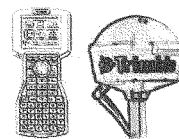
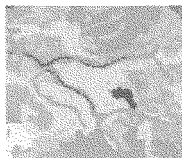


Foto Color Verano → Digitalización → Equipo Informático → Coordenadas Finca

Importación de las fotografías al software
de análisis de imagen

Georreferenciación

Separación de Bandas (Azul, Verde, Rojo)

Cálculo de Índices (A/R ; $A/V+R$; $A/A+V+R$)

Definición de los niveles digitales frontera que
caracterizan cada uso de suelo en cada índice

Clasificación de la imagen (de la finca)

Discriminación Usos del Suelo
Estimación Superficie y Porcentajes de Suelo Desnudo –
Vegetación (cubierta y árboles)

- Trabajos de campo

Varios días antes de la realización de cada vuelo para la obtención de las fotografías aéreas, se visitaron las fincas objeto de estudio para: 1) determinar el estado de desarrollo y grado de cobertura de las cubiertas vegetales, de otros usos de suelo y accidentes visibles en las imágenes (restos de poda, montones de leña, pozos, entre otros) que fuera necesario identificar; y 2) georreferenciar 30 puntos por finca en distintas parcelas mediante el uso de un GPS diferencial (precisión centimétrica). Posteriormente, dicha georreferenciación fue utilizada como puntos de control para asignar las coordenadas de las fotografías aéreas.

- Tratamiento previo de las fotografías

Las fotografías se digitalizaron utilizando un escáner Hewlett Packard modelo ScanJet 4C, obteniéndose píxeles de 40 x 40 cm (635 ppi). Las fotografías digitalizadas se importaron al programa informático de análisis de imagen que vaya a utilizar el usuario. Posteriormente se asignaron coordenadas geográficas a los píxeles de la imagen para poder superponerla con la cartografía existente. Dicha asignación de coordenadas de los 30 puntos de control por fotograma, se efectuó basándose en la georreferenciación *in situ* de las visitas a las fincas antes descritas, o determinando puntos singulares en el mapa digital 1:10.000 de la Junta de Andalucía.

Con los valores digitalizados asignados a cada píxel (Niveles Digitales, de 0 a 255) se efectuaron diversas separaciones de las bandas del espectro visible: Azul (A), Verde (V) y Rojo (R) con objeto de operar matemáticamente (obtención de índices de vegetación) con tales niveles digitales y obtener nuevas imágenes que facilitaran la discriminación entre las superficies de olivo, cubierta vegetal y suelo.

4.3.3. Preselección visual de índices

Los índices de vegetación seleccionados fueron (A/R), (A/V+R) y (A/A+V+R) (Figura 2). La imagen obtenida de cada índice se comparó mediante fotointerpretación con la imagen de las fincas, observando si se podía identificar alguno de los usos del suelo que se pretendían discriminar (suelo desnudo, cubierta vegetal y olivo). Para ello, se establecieron en diversas zonas de las fincas estudiadas una serie de “subparcelas de entrenamiento”, de 200 x 200 metros mediante recortes de la imagen, a fin de perfeccionar la capacidad de interpretación visual de los diversos índices.

Igualmente se establecieron una serie de “minizonas de entrenamiento” de dimensiones de 40 x 40 metros, en las que se distinguían con claridad los usos del suelo. En dichas “minizonas”, además del análisis visual, se efectuó una estimación cuantitativa (análisis numérico) del grado de discriminación entre usos de suelo, el cual se describe más adelante.

La selección de los índices citados anteriormente se realizó en base a que cumplían los siguientes requisitos:

1. Discriminaban al menos uno de los tres usos del suelo en todas las “subparcelas de entrenamiento” de cualquiera de las tres fincas objeto de estudio.
2. Discriminaban al menos un mismo uso del suelo en todas las “minizonas” de las tres fincas objeto de estudio.
3. Alcanzaban la mayor “Exactitud Global o Precisión en la clasificación” (próxima al 85%) en las tres “minizonas de entrenamiento”, siendo ésta el porcentaje de píxeles correctamente clasificados y calculándose a través de las matrices de confusión cuya mayor ventaja consiste en que eliminan los errores subjetivos que se cometerían en un análisis por comparación visual de las imágenes (Oetter *et al.*, 2000). A su vez, para la obtención de la matriz de confusión es necesario realizar una clasificación de la imagen por separación de clases. Esto consiste en determinar sobre la imagen generada de cada índice seleccionado, los niveles digitales característicos de cada uso de suelo y el nivel digital frontera entre ellos, procediéndose a clasificar la imagen en base a dichos valores de separación (Andreasen *et al.*, 1997). La determinación de los niveles digitales frontera se realiza mediante un proceso interactivo que escoge el valor óptimo que da lugar a una clasificación más exacta (Congalton, 1991). En la Tabla 1 se muestran los intervalos de los niveles digitales frontera para la discriminación de la cubierta vegetal utilizando los índices de vegetación estudiados. El nivel digital frontera óptimo, es decir, aquél que da como resultado la clasificación más exacta, está incluido en estos intervalos y su valor concreto varía según las minizonas de entrenamiento y la finca objeto de estudio.

TABLA 1

Intervalos de los Niveles Digitales Frontera para la discriminación de cubiertas vegetales según los distintos índices de vegetación estudiados

Índices de vegetación	Nivel Digital Frontera	Stretch ⁽¹⁾
A/R	0.60 - 0.90	5 - 90
A/(V+R)	0.30 - 0.46	0 - 50
A/(V+R+A)	0.20 - 0.30	0 - 80

⁽¹⁾ Stretch: procedimiento habitual de expansión del histograma (entre 0-255) de los valores digitales de cada índice de vegetación estudiado con objeto de mejorar la visualización de los fotogramas.

4.3.4. Verificación de la exactitud de la clasificación

Finalmente el usuario debería proceder a la verificación de la clasificación de los distintos usos de suelo que ha efectuado el índice con el que ha trabajado. Para ello, se escogerá una “*subparcela de verificación*” de 50 x 50 m por cada 10 ha. de superficie de la finca objeto de análisis con el fin de utilizarlas como “*mapa-verdad-terreno*” de los usos de suelo presentes en la imagen (Figura 3a). Dicho mapa será creado por el fotointerpretador mediante vectorización de los bordes que se visualizan entre olivo, cubierta vegetal y suelo desnudo dando lugar a un mapa-vectorial (Figura 3b). A continuación dicho mapa-vectorial se rasteriza (será convertido por el software de análisis de imagen que se esté utilizando en un mapa ráster) creándose finalmente el mapa-verdad-terreno (Figura 3c). Existen programas que rasterizan directamente el mapa vectorizado, sin embargo otros programas realizan un paso intermedio que consiste en obtener un *mapa de polígonos* en el que se editan los usos del suelo. Seguidamente, éste es el que se transforma en un mapa ráster.

Por último, se cuantificará numéricamente la exactitud global de la clasificación efectuada en la subparcela de verificación aplicando la matriz de confusión entre mapa-verdad-terreno y la imagen clasificada por el índice utilizado. Dicha exactitud debe ser mayor del 80%, ya que si es menor un gran número de píxeles se están clasificando erróneamente. Además, la exactitud global de la finca completa se determinará mediante el cálculo de la media de la exactitudes globales (parciales) obtenidas en cada subparcela de verificación.

Después de verificar la clasificación y extenderla a la totalidad de la finca el programa de tratamiento de imagen que haya elegido el usuario determinará automáticamente la superficie total y el porcentaje de cada uso de suelo en la finca en base a la georreferenciación efectuada.

Ejemplo de la realización de la invención

Se parte de una imagen aérea en color georreferenciada de la finca de olivar con cubiertas situada en Cortijo del Rey (provincia de Córdoba). Con los valores digitalizados asignados a cada píxel (Niveles Digitales de 0 a 255) se efectuaron las diversas separaciones de bandas del espectro visible en Azul (A), Verde (V) y Rojo (R) para poder operar matemáticamente (obtención de índices de vegetación) con éstas y obtener nuevas imágenes que faciliten la discriminación entre las superficies de olivo (o frutales), suelo desnudo y cubierta vegetal.

Los números de las celdillas en cada fotograma corresponden al valor de la reflectividad captada por el sensor en el píxel indicado, según la longitud de onda de que se trate (en fotografía color, sería la de las bandas azul, verde y rojo). Dicho valor se representa según una escala del 0 al 255, que van desde el negro hasta el blanco, respectivamente, cambiando según niveles de gris.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de uno de los índices seleccionados (A/A+V+R) discriminando los tres usos de suelo estudiados y representada en niveles de grises. Finalmente se clasificó la imagen a través del método de “Separación de clases” que consiste en determinar sobre la imagen generada por el índice seleccionado los niveles digitales de cada uso de suelo y el nivel digital frontera entre ellos para proceder en último término a clasificar la imagen en base a estos valores de separación o frontera.

En la Figura 3 se muestran las dos clasificaciones de imagen obtenidas del índices (A/A+V+R).

Bibliografía

- Anderson G. L., J. H. Everitt, A.J. Richardson, and D. E. Escobar.** 1993. Using satellite data to map false broomweed infestations in South Texas rangeland, *Weed Technology*, 7: 865-871.
- Andreasen, C., Rudemo M., and Sevestre, S.** 1997. Assessment of weed density at an early stage by use of image processing. *Weed Research*, 37: 5-18.
- BOJA nº 61. 1998. ORDEN de 14 de mayo de 1998, por la que se regulan las ayudas para fomentar en el olivar el empleo de métodos de producción compatible con las exigencias de protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural. Junta de Andalucía, Disposiciones Generales, Consejería de Agricultura y Pesca.
- BOJA nº 90. 2003. ORDEN de 5 de mayo de 2003, por la que se establecen las normas de aplicación del régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente. Junta de Andalucía, Disposiciones Generales, Consejería de Agricultura y Pesca.
- Civantos, D.,** 2001. La olivicultura en el mundo y en España. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds.). El cultivo del olivo. *Mundi-Prensa*, Madrid, pp. 19-33.
- Calera A., Martínez C. and Meliá J.** 2001. A procedure for obtaining green plant cover: relation to NDVI in a case study for barley. *Int. J. of Remote Sensing*, 22: 3357-3362.
- Calera A., González-Piqueras J. and Meliá J.** 2002. Remote sensing monitoring crop growth. *In Proceedings of Recent Advances in Quantitative Remote Sensing*, Valencia, pp 522-529.
- Congalton, R. G.,** 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.* 37, 35-46.
- Cloutis, E.A., Connery, D.R. Major, D.J. and Dover, F.J.** 1996. Airborne multispectral monitoring of agricultural crop status: effect of time of year, crop type and crop condition parameter. *Intern. Journal of Remote Sensing*, 17: 2579-2601.
- Chuvieco, E.** (2002) Teledetección Ambiental. *Editorial Ariel, Madrid.* 568 páginas.
- Denison, R. F., Miller, R. O., Bryant, D., Abshahi, A. & Wildman, W. E.** 1996. Crop management goes high tech. *California Agriculture*, May-June 1996.
- García-Torres, L.,** 2000. Agricultura de Conservación en el Olivar: Cubiertas Vegetales. Edita: *Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos*, Córdoba, Spain, 36 p.
- Goel P. K., S.O. Prasher, R. M. Patel, D. L. Smith, A. DiTommaso.** 2002. Use of airborne multispectral imagery for weed detection in crops., *Transactions of ASAE*, 45: 443-449.
- Hatfield, J. L. and Pinter, P. J.** 1993. Remote sensing for crop protection. *Crop Protection*, 12: 403-412.
- Jackson, R. D. and Huete, A. R.** 1991. Interpreting vegetation indexes. *Prev. Vet. Med.* 11: 185-200.
- Kanemasu, E. T., Demetriades-shah, T. H. & Su, H.** 1990. Estimating grassland biomass using remotely sensed data. In. Application of Remote Sensing ed. *M.D. Steven and J.A. Clark.* p.185-199.
- Keuchel J., Naumann S., Heiler M. and Siegmund A.** 2003. Automatic land cover analysis for Tenerife by supervised classification using remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 86: 530-541.
- Kokaly, R. F., Despain, D. G., Clark, R. N. and Livo, K. R.** 2003. Mapping vegetation in Yellowstone National Park using spectral feature analysis of AVIRIS data, *Remote Sensing of Environment*, 84: 437-456.
- Kropff, M. J., Wallinga, J. & Lotz, L. A. P.** 1997. Modelling for precision weed management. In Precision Agriculture: Spatial and temporal variability of environmental quality. L.J. Ciba Foundation 1997, Bock G.R. and Goode J.A. (ed.), 182-204. *John Wiley and Sons Ltd.*
- Jiménez, J. y García, N.** 1982. *Introducción al tratamiento digital de imágenes.* Centro de Investigación UAM-IBM, Madrid.
- Laguna, A.** (1989). Estudio cuantitativo de la erosión del suelo. Tesis Doctoral, Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba, España, pp. 189.
- Lanjeri S., Meliá, J. and Segarra D.** 2001. A multitemporal masking classification method for vineyard monitoring in central Spain. *Intern. Journal of Remote Sensing*, 22: 3167-3186.

Lanjeri S., Segarra D. Calera A and Meliá J. 2002. Study of the land use changes effects on the evapotranspiration in central Spain using remote sensing techniques. *Proceedings of Recent Advances in Quantitative Remote Sensing*, Valencia, pp 530-536.

5 **Lobell, D. B., Asner, G. P., Ortíz-Monasterio, J. I., Benning, T. L. 2003.** Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 94: 205-220.

10 **López-Lozano R. and Casterad M.A. 2003.** Una aplicación SIG para seguimiento en parcela mediante NDVI de irregularidades en el desarrollo del cultivo. *Proceedings del X Congreso Nacional de Teledetección*, Cáceres, pp 9-12.

Oetter D. R., W. B. Cohen, M. Berterretche, T. K. Maier-sperger, Robert E. Kennedy. 2000. Land cover mapping in agricultural setting using multiseasonal Thematic Mapper data. *Remote Sensing of Environment*, 76: 139-155.

15 **Pastor-Muñoz, M., y Castro-Rodríguez, J. (1997).** Sistemas de manejo de suelo en el olivar, p. 289-308. In L. García-Torres & P. González-Fernández (editor): *Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y Económicos*, AEAC/SV, España, pp. 372.

20 Real Decreto 4, 2001. Establecimiento de un régimen de ayudas a la utilización de métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. BOE 12, 1587-1617.

25 Reglamento del Consejo Europeo 1257/ 1999. On support for rural development from the European Agricultural Guidance and Guarantee Fund (EAGGF) and amending and repealing certain Regulations. *Official Journal of the European Union*, Brussels, 160, 80-102.

 Reglamento del Consejo Europeo 1259/ 1999. Establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy. *Official Journal of the European Union*, Brussels, 160, 113-118.

30 Reglamento del Consejo Europeo 1782/2003. Establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers, and on the common organisation of the market in olive oil and table olives and amending Regulation (EEC) No 827/68. *Official Journal of the European Union*, 270, 1-69.

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la discriminación de usos de suelo y la estimación de cubierta vegetal mediante teledetección, que comprende las siguientes etapas:

- a) toma de fotografía aérea color, posterior digitalización y análisis de imagen
- b) georreferenciación mediante GPS diferencial para asignar las coordenadas a las fotografías aéreas
- c) separación de bandas del espectro visible (azul: A, verde: V y rojo: R) a partir de los valores digitales asignados a cada píxel
- d) cálculo de índices de vegetación basados en las tres bandas separadas en el punto c)
- e) definición mediante un proceso iterativo de los niveles digitales frontera que caracterizan cada uso de suelo
- f) clasificación de la imagen por separación de clases, basada en los niveles digitales frontera definidos en el punto e)
- g) posterior selección de los índices de vegetación calculados en d) que proporcionan mayor precisión en la clasificación (porcentaje de píxeles correctamente clasificados), obtenida a partir de las matrices de confusión
- h) verificación de la exactitud de la clasificación mediante un mapa-verdad-terreno
- i) determinación de la superficie total y el porcentaje de cada uno de los usos del suelo,

caracterizado porque los índices de vegetación seleccionados son A/R , $A/(V+R)$ y $A/(A+V+R)$, y los intervalos de los niveles digitales frontera oscilan entre 0.60-0.90, 0.30-0.46 y 0.20-0.30, para cada índice respectivamente.

2. Procedimiento para la discriminación de usos de suelo y la estimación de cubierta vegetal mediante teledetección según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las fotos aéreas se toman en verano.

3. Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, para discriminar los siguientes usos de suelo: cubiertas vegetales, suelo desnudo y árboles de cultivo leñoso.

4. Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2 para cuantificar el porcentaje de superficie ocupada por las cubiertas vegetales, suelo desnudo y árboles de cultivo leñoso.

5. Utilización de un procedimiento según las reivindicaciones 3 y 4, **caracterizada** porque los árboles de cultivo leñoso son olivos y cítricos.

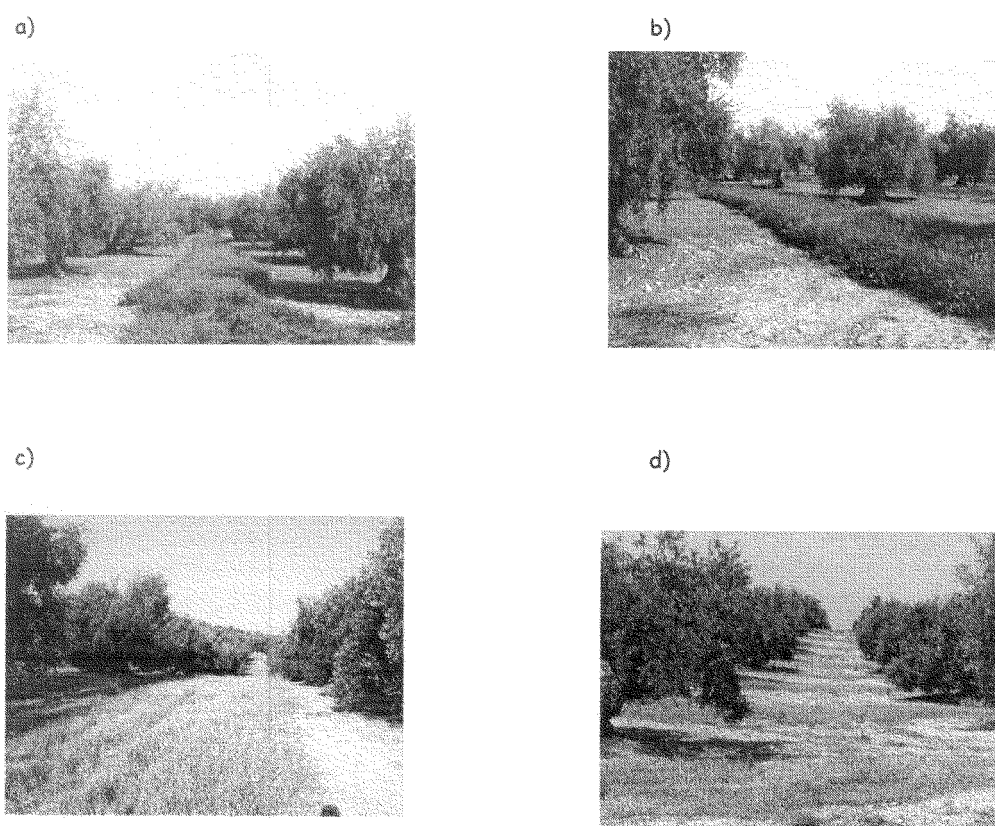


Figura 1

ES 2 245 250 B1

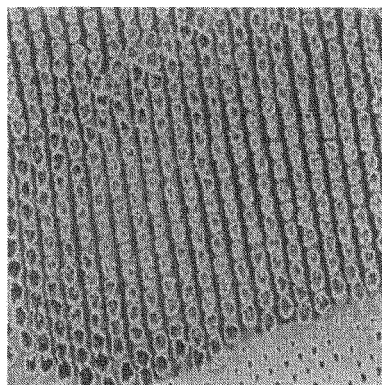


Figura 2

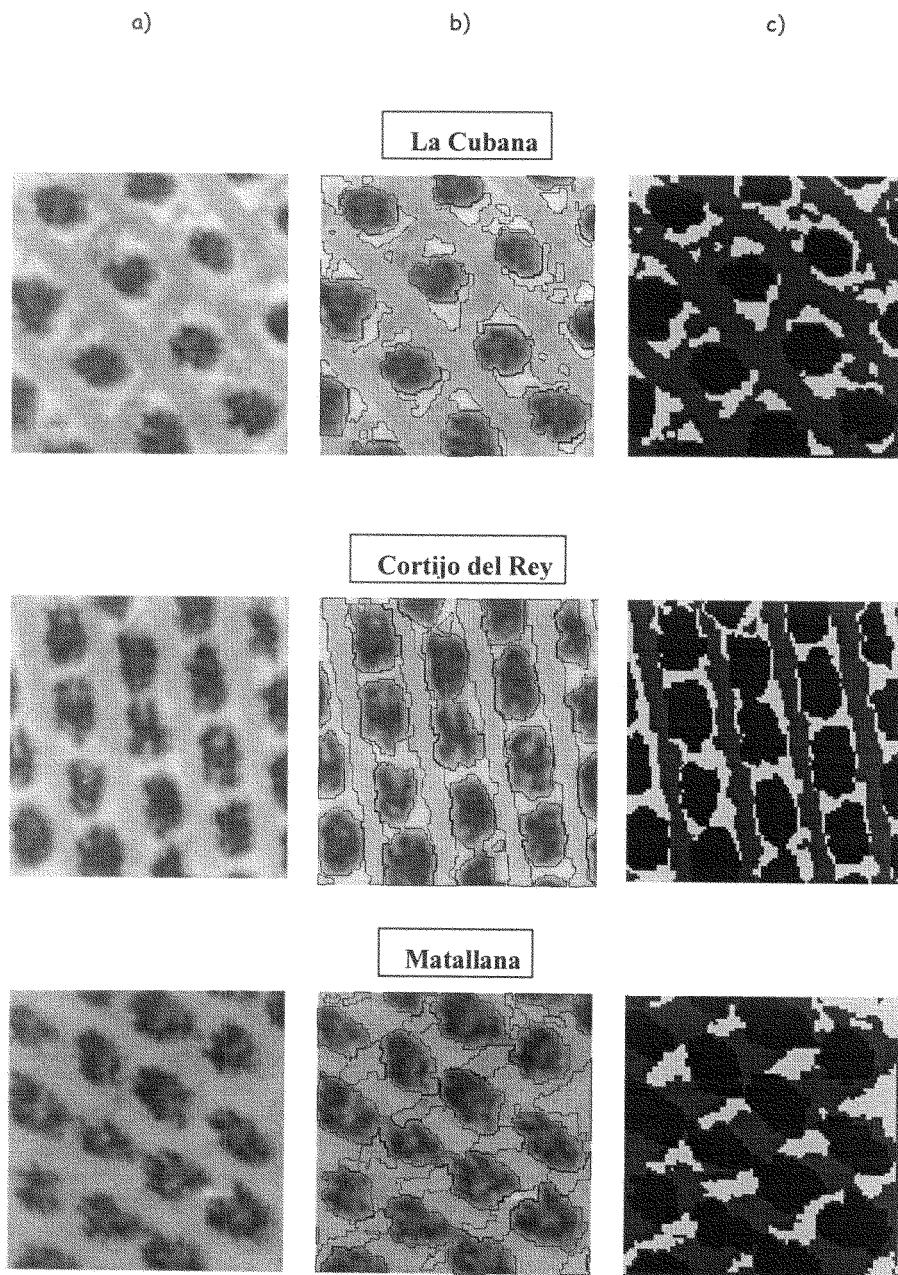


Figura 3



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 245 250

⑫ Nº de solicitud: 200401438

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 11.06.2004

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: A01B 79/00, G06T 5/00

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 0133505 A2 (MONSANTO CO et al.) 10.05.2001	1
A	US 2004034450 A1 (SEAL MICHAEL R et al.) 19.02.2004	1
A	US 2003019151 A1 (RAUN WILLIAM R et al.) 30.01.2003	1
A	US 2003019152 A1 (RAUN WILLIAM R et al.) 30.01.2003	1
A	US 2004088916 A1 (TON YURI et al.) 13.05.2004	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

17.10.2005

Examinador

Mª C. González Vasserot

Página

1/1